

БЕТАВОЛЬТАИЧЕСКАЯ БАТАРЕЯ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ БОРТОВОЙ ТЕХНИКИ В КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

М.В. Синева, С.Ю. Юрчук, А.А. Краснов, А.И. Кочкова

Научный руководитель: доцент, к.т.н. С.А. Леготин

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,

Россия, г. Москва, Ленинский пр., 4, 119049

E-mail: sineva1901@gmail.com

На сегодняшний день одним из ключевых источников питания всей бортовой техники в космических аппаратах являются солнечные элементы или фотоэлектрические преобразователи, которые преобразуют солнечную энергию в электричество. Поскольку панели с солнечными элементами имеют большую площадь, то велика вероятность соударения с мелкими метеоритами или космическим мусором. Другой проблемой является возможное полное или частичное затенение от рельефа поверхности, что может привести к выходу из строя космического аппарата. Чтобы компенсировать потерю солнечной энергии, предлагается использовать бетавольтаические батареи в качестве дополнительного источника питания.

Принцип действия бетавольтаических элементов схож с работой фотоэлектрических преобразователей с той лишь разницей, что происходит преобразование не солнечного излучения, а энергии, выделяющейся в результате радиоактивного (бета-) распада. Бета-частицы, проникая в полупроводниковый р-п переход, сталкиваются с атомами кристаллической решетки и генерируют множество электронно-дырочных пар, которые далее разделяются в области пространственного заряда внутренним электрическим статическим полем и образуют электрический ток.

Бетавольтаические элементы обладают следующими преимуществами: конструкция не нагревается (не требуется теплоотвод); не нуждаются в техническом обслуживании; могут обеспечить автономность работы маломощных электрических устройств на протяжении нескольких десятков лет.

Однако бетавольтаические элементы изготавливаются из материалов высокой стоимости и требуют трудоемкого процесса изготовления. Основной проблемой такого типа батарей являются низкий уровень выходной мощности, поэтому основной целью данного проекта является разработка 3D бетавольтаического элемента с увеличенным значением генерируемого тока относительно аналогичных планарных элементов [1].

На рисунке 1 представлена 3D конструкция бетавольтаического элемента, данный элемент условно можно разделить на три составляющие части: полупроводниковый преобразователь – кремниевый р-п-переход, радиоактивный изотоп – никель-63 и металлические контакты – омические контакты.

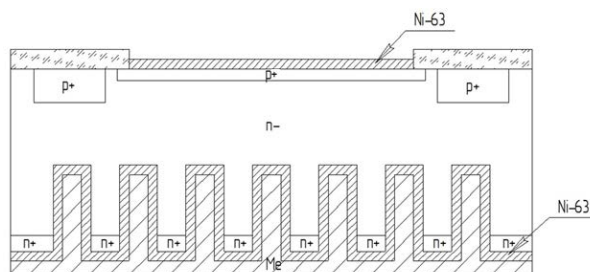


Рис. 1. 3D конструкция бетавольтаического элемента

Оригинальность данной конструкции заключается в том, что преобразование бета-излучения реализуется с двух сторон преобразователя, одна из которых представляет собой планарный р-п переход, а другая – микроканальную структуру с большим временем жизни. Использование планарного р-п-перехода позволяет снизить обратные токи элемента, а микроканалы

увеличивают активную площадь преобразователя. Таким образом, за счет увеличения поглощающей поверхности достигается увеличение проникающих бета-частиц в полупроводниковую структуру, а за счет большой диффузионной длины в квазинейтральной области растет генерируемый элементом ток.

В качестве бета-источника выбран никель-63, поскольку его период полураспада составляет 100,1 года, максимальная энергия излучаемых им бета-частиц ниже энергии дефектообразования в кремнии, кроме того он не имеет побочных альфа- и гамма-излучений [2].

В ходе работы была проведена апробация модели предложенной конструкции на планарном бетавольтаическом элементе с двусторонним преобразованием энергии. Полученные экспериментальные вольт-амперные характеристики (ВАХ) были аппроксимированы и смоделированы в разработанной программе, что позволило спрогнозировать работу 3D бетавольтаического элемента с двусторонним преобразованием [3, 4]. Полученные ВАХ 3D бетавольтаического элемента представлены на рисунке 2.

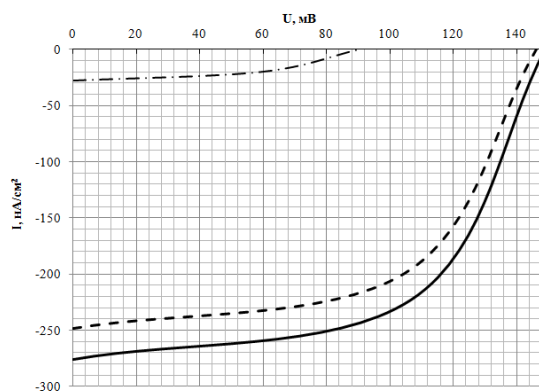


Рис. 2. ВАХ 3D бетавольтаического элемента
(штрих-пунктирная линия – вклад контакта планарной стороны; штриховая линия – вклад контакта микроканальной структуры; сплошная линия – вклад обоих контактов)

Моделирование проходило в среде Borland Delphi 7. В результате были получены следующие выходные параметры:

- плотность тока короткого замыкания: 276 нА/см²;
- напряжение холостого хода: 149 мВ;
- плотность выходной мощности: 23,7 нВт/см²;
- коэффициент полезного действия: 1,4%.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная конструкция позволит оптимизировать соотношение веса к выделяемой энергии и увеличить выходную мощность бетавольтаического элемента на 89% по сравнению с аналогичным планарным двусторонним бетавольтаическим элементом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Charles E. Munson IV, Muhammad Arif et al. Model of Ni-63 battery with realistic PIN structure // Journal of Applied Physics 118. – 105101. - 2015.
2. Young Rang Uhm, Byoung Gun Choi, Jong Bum Kim et al. Study of a Betavoltaic Battery Using Electroplated Nickel-63 on Nickel Foil as a Power Source // Nuclear Engineering and Technology – 2016. - V. 48. - Iss. 3. - pp. 773–777.
3. V.V. Starkov, A.A. Krasnov et al. Microchannel Structures of Betavoltaic Silicon Convertors // Journal of nano- and electronic physics 7. - No 4. - 04047(2pp). - 2015.
4. S.U. Urchuk, S.A. Legotin, A.A. Krasnov et al. Betavoltaic p- n+ -structure simulation // Saint Petersburg OPEN 2016: Journal of Physics: Conference Series 741. – 012094. - 2016.